نشریه دانش آب و خاک / جلد ۳۱ شماره ۳ صفحه‌های ۱۵ تا ۲۹/ سال ۱۴۰۰

تاثیر توام شیوه های کم آبیاری و کاربرد سوپرجاذب بر خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و عملکرد گیاه ذرت

فاطمه خلیلی[۱]، فیاض آقایاری[۲]* و محمد رضا اردکانی[۳]

تاریخ دریافت: ۹۶/۸/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۰/۱۶

۱-دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، کرج، ایران
۲-استادیار، رشته آبیاری، گروه زراعت؛ دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، کرج، ایران
۳-استاد، گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، کرج، ایران
* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی:Aghayari_ir@yahoo.com

چکیده

به منظور بررسی توام کم‌آبیاری معمولی و کم‌آبیاری موضعی از طریق روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان و کاربرد پلیمر سوپرجاذب بر خصوصیات گیاه ذرت، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲، اجرا گردید. در این آزمایش روش کم‌آبیاری معمولی در سه سطح شامل آبیاری با ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه و کم آبیاری موضعی در دو سطح شامل آبیاری تمام جویچه‌ای و جویچه‌ای یک در میان ثابت به صورت فاکتوریل در کرت‌های اصلی و پلیمر سوپر جاذب استاکوزورب در دو سطح شامل شاهد (عدم مصرف) و مصرف سوپرجاذب به میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار در کرت‌های فرعی انجام شد. نتایج آزمایش نشان داد که عملکرد علوفه تر، خشک و بیولوژیک در روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان با وجود ۲۵/۹ درصد کاهش آب آبیاری در طول دوره رشد نسبت به آبیاری تمام جویچه‌ای، تفاوت معنی‌داری نداشت. مصرف سوپر جاذب منجر به کاهش آب آبیاری به مقدار ۱۳/٤ درصد در طول دوره رشد گردید. بیشترین کارایی مصرف آب برای تولید علوفه خشک در تیمار آبیاری جویچه‌ای یک در میان با آبیاری کامل و کاربرد سوپر جاذب به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد، ۷۵/۹ درصد افزایش داشت. در روش آبیاری تمام جویچه‌ای، متوسط کارایی مصرف آب برای تولید علوفه خشک و بیولوژیک به ترتیب ۱/۳۲ و ۳/۵۲ کیلوگرم بر متر مکعب به دست آمد و در روش جویچه‌ای یک در میان به ۱/۷۵ و ٤/۳۱ کیلوگرم بر متر مکعب بود.

واژه های کلیدی: تنش خشکی، جویچه‌ای یک در میان، روش آبیاری، عملکرد علوفه، کارایی مصرف آب

Simultaneous Impact of Deficit Irrigation Methods and Superabsorbent Polymer on Morphological, Physiological and Yield Characteristics of Corn

F. Khalili[1], F. Aghayari[2*] and M.R. Ardakani[3]

Received: 4 November 2017 Accepted: 5 January 2021
[1]Former M.Sc. Student, Dept. of Agronomy, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran
[2]Assist. Prof., Dept. of Agronomy, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran
[3] Prof., Dept. of Agronomy, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran
* Corresponding Author, Email: Aghayari_ir@yahoo.com

Abstract

To study the simultaneous impact of conventional and alternate-furrow deficit irrigation and superabsorbent polymer on characteristics of corn, a field experiment was carried out at Research Farm of College of Agriculture, Islamic Azad University, Karaj, Iran, in 2013-2014 growing season. Conventional deficit irrigation with three levels including irrigation with 100, 75 and 50% crop water requirement, localized deficit irrigation with two levels including fixed alternate furrow irrigation and conventional furrow irrigation that were located in the main plots and superabsorbent polymer with two levels including control (non-use superabsorbent polymer of Stockosorb) and use of superabsorbent (30 kg ha^{-1}) that were located in the sub plots. The results showed the amount of fresh and dry forage yield and biological yield in fixed alternate furrow irrigation method were not different significantly as compared to the conventional furrow irrigation method, while the volume of irrigation water during the growing season in fixed alternate furrow irrigation decreased by 25.9 %. Superabsorbent consumption lead to reduced irrigation water at a rate of 13.4 % during the growth season. The highest water use efficiency for dry forage yield (2.04 kg m^{-3}) was obtained in treatment of fixed alternate furrow irrigation in condition of moderate stress and used of superabsorbent, that increased by 75.9% as compared to the control treatment and there was significant difference. In conventional furrow irrigation method, the average of water use efficiency for dry forage yield and biological yield was obtained at 1.32 and 3.52 kg m^{-3}, respectively; while in fixed alternate furrow irrigation it was increased to 1.75 and 4.31 kg m^{-3}, respectively.

Keywords: Alternate furrow, Drought stress, Forage yield, Irrigation method, Water use efficiency

مقدمه

هدف از کاربرد کم‌آبیاری افزایش کارآیی مصرف آب، از طریق کاهش مقدار آب آبیاری است (کردا و همکاران ۲۰۰۵). درآبیاری یک در میان جویچه، تنش آبی به خاطر کاربرد کمتر آب آبیاری، باعث کاهش عملکرد محصول می‌شود. از طرفی با کاهش کاربرد آب، تبخیر از سطح خاک کمترشده و راندمان مصرف آب افزایش می‌یابد (سپاسخواه و قاسمی ۲۰۰۵). آبیاری جویچه‌ای یک در میان، از گزینه‌های مدیریتی کم‌آبیاری جهت بهینه‌سازی آب مصرفی در بخش کشاورزی است. با اعمال آبیاری یک در میان ثابت و متغیر در گیاه ذرت به ترتیب ۲۶/۲ و ۲۳ درصد کاهش آب مصرفی و ۱۱ و ۱۳/۶ درصد کاهش عملکرد ایجاد شده و آبیاری یک در میان ثابت بیشترین کارایی مصرف آب را داشته است (رفیعی و شاکرمی ۲۰۱۰). اثر سوپرجاذب در سطوح شاهد، ۳۵، ۷۵ و ۱۰۵ کیلوگرم در هکتار در شرایط تنش آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان بررسی شد. نتایج پژوهش نشان داد که با کاربرد ۱۰۵ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار و آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی، بیشترین عملکرد و کارایی مصرف آب به دست می‌آید. (نظرلی و همکاران ۲۰۱۰). لی و همکاران (۲۰۱۱) کارآیی مصرف آب ذرت در آبیاری جویچه‌ای سنتی و یک در میان متناوب را به ترتیب ۱/۸۲ و ۲/۰۸ کیلوگرم

عملکرد دانه به ازای هر متر مکعب آب مصرفی به دست آوردند. در بررسی های یازار و همکاران (۲۰۰۹) بیشترین مقدار کارآیی مصرف آب ذرت در تیمار خشکی موضعی ریشه به مقدار ۱/۷۷ کیلوگرم دانه بر متر مکعب آب و کمترین مقدار آن در آبیاری کامل به مقدار ۱/٥٤ کیلوگرم دانه بر متر مکعب آب به دست آمد. نتایج بررسی آبیاری جویچه‌ای یک در میان ذرت با دورهای ٤ ، ۷ و ۱۰ روز معمولی و یک در میان نشان داد که در آبیاری جویچه‌ای ٤ روز یک در میان نسبت به آبیاری جویچه‌ای ۷ روز معمولی آب کمتری مصرف می شود و بر عملکرد محصول تاثیر معنی داری ندارد (سپاسخواه و خواجه عبدالهی ۲۰۰۵). در روش آبیاری جویچه‌ای، بیشترین اجزای عملکرد ذرت در تیمار جوی و پشته‌ای معمولی و کم‌ترین آن‌ها در تیمار آبیاری جوی و پشته‌ای یک در میان، در تمام دوره رشد گیاه مشاهده شد (کاشیانی و همکاران ۲۰۱۱). تاثیر سوپرجاذب در کاهش اثرات تنش خشکی بر روی عملکرد و اجزای عملکرد ذرت در جیرفت در سه سطح ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد تنش خشکی موجب کاهش عملکرد دانه، اجزای عملکرد و عملکرد بیولوژیک شد و این کاهش در خشکی ۵۰ درصد نیاز آبی شدیدتر بود. کاربرد هیدروژل‌های سوپرجاذب در سطح ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار، این پارامترها را بهبود بخشید (کوهستانی و همکاران ۲۰۱۰). به منظور بررسی تاثیر سوپرجاذب در شرایط تنش آبی بر روی عملکرد، اجزای عملکرد و بعضی ویژگی های فیزیولوژیک ذرت، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند انجام گردید. تیمارها بر اساس رژیم آبیاری با سه سطح (۱۰۰، ۷۰، ٤۰ درصد تامین نیاز آبی گیاه) و مقادیر سوپرجاذب با چهار سطح (شاهد، ۳۵، ۷۵ و ۱۰۵ کیلوگرم در هکتار) در نظر گرفته شد. نتایج این آزمایش نشان داد که تنش آبی و سوپرجاذب تاثیر معنی داری بر عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب داشت. بیشترین عملکرد دانه ذرت و کارآیی مصرف آب مربوط به تیمار تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی و ۱۰۵ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار و کمترین عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب مربوط به تیمار تامین ٤۰ درصد نیاز آبی به همراه عدم استفاده از سوپرجاذب بود. به نظر می رسد، سوپرجاذب با کاهش اثرات منفی تنش آبی بر گیاه، باعث افزایش عملکرد دانه شده باشد. بنابراین هر عاملی که باعث افزایش عملکرد دانه شود، بر کارآیی مصرف آب نیز تاثیر مستقیم دارد (فاضلی رستم پور و همکاران ۲۰۱۲). در تحقیقی اثر کم آبیاری با سه سطح ٦۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد تامین نیاز آبی و مقادیر سوپر جاذب با چهار سطح صفر، ۳۰، ٦۰ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار بر گیاه ذرت بررسی شد. نتایج نشان داد کاربرد سوپر جاذب در شرایط ۱۰۰ درصد نیاز آبی آبیاری بر روی عملکرد دانه بی اثر بود، اما سوپر جاذب در شرایط تنش خشکی تمام خصوصیات ذرت را بهبود داد (فاضلی رستم پور و محبیان ۲۰۱۲). جهان و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیقی برهمکنش بین سوپرجاذب (٤۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار و عدم مصرف) و فواصل آبیاری (۱٤، ۱۰ و ۷ روز) در شرایط آب و هوایی مشهد بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت را بررسی کردند نتایج نشان داد در سطح ۸۰ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار تفاوت قابل ملاحظه‌ای در تمامی صفات زراعی ذرت در بین فواصل آبیاری ۱۰ و ۱٤ روز وجود نداشت. به نظر می رسد که افزایش مصرف سوپرجاذب در افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و در نهایت در کاهش اثرات سوء تنش خشکی موثر بوده است. این تحقیق به منظور بررسی تاثیر توام روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان و کاربرد پلیمر سوپرجاذب با مقادیر متفاوت آبیاری بر خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و عملکرد گیاه ذرت می پردازد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲، در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج در یک خاک لومی شنی واقع در ماهدشت کرج با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۴۹ دقیقه شرقی و ۱۳۱۳ متر ارتفاع از سطح دریا با متوسط بارندگی سالیانه ۲۵۱/۲ میلی متر اجرا شد. آزمایش به صورت فاکتوریل اسپلیت پلات در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. عوامل مورد مطالعه شامل کم‌آبیاری، روش آبیاری جویچه‌ای و پلیمر سوپر جاذب بودند. عامل کم‌آبیاری در سه سطح شامل آبیاری با ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه (I_{100}: آبیاری کامل)، آبیاری با ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه (I_{75}: کم‌آبیاری متوسط) و آبیاری با ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه (I_{50}: کم‌آبیاری شدید)؛ عامل روش آبیاری جویچه‌ای در دو سطح شامل آبیاری تمام جویچه‌ای ثابت (M_1) و جویچه‌ای موضعی (M_2: یک در میان ثابت) به صورت فاکتوریل در کرت‌های اصلی و پلیمر سوپر جاذب در دو سطح شامل شاهد (S_1: عدم مصرف) و مصرف سوپرجاذب (S_2) به میزان ۳۰ کیلوگرم بر هکتار در کرت‌های فرعی جای گرفتند. برای اجرای طرح، قطعه زمینی به وسعت ۱۴۰۰ مترمربع انتخاب، بعد از آماده سازی به کرت-هایی با ۱۸ متر مربع وسعت تقسیم شد. هر کرت، شامل پنج پشته به طول ۵ متر با فاصله ۶۰ سانتی‌متر بود. درون هر کرت پنج پشته به طول ۵ متر و فاصله ۶۰ سانتیمتر ایجاد شد. برای جلوگیری از نشت آب از کرتی به کرت دیگر بین کرت‌های فرعی ۰/۵ متر و بین کرت-های اصلی ۱متر فاصله در نظر گرفته شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. کودهای مورد نیاز بر اساس آزمون خاک و توصیه کودی کارشناس آزمایشگاه، به میزان ۱۰۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل و ۳۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار استفاده شد. تمام کود فسفردار و یک سوم کود نیتروژن‌دار قبل از کاشت به صورت دستپاش و مابقی آن در مراحل ساقه‌رفتن و گرده افشانی به صورت سرک (پیش از آبیاری) به خاک اضافه شد. تعیین زمان مناسب اعمال تقسیط‌های کودی بر اساس دوره‌های حساس ذرت به مواد غذایی صورت گرفت.

جدول۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد مطالعه.

عمق خاک (cm)	هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)	اسیدیته	کربن آلی (%)	نیتروژن (%)	فسفر ($mg\ kg^{-1}$)	پتاسیم ($mg\ kg^{-1}$)	ظرفیت زراعی (%)	جرم مخصوص ظاهری ($g\ cm^{-3}$)	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	بافت
۰-۳۰	۶/۵۱	۷/۸۱	۰/۸۳	۰/۰۹	۱۸/۷۵	۴۶۰	۱۸/۵	۱/۴	۶۸/۲	۲۱/۸	۱۰	لوم شنی
۳۰-۶۰	۵/۱۲	۷/۸۶	۰/۸۰	۰/۰۸	۹/۵۸	۳۶۲	۱۸/۷	۱/۴	۷۰/۶	۱۹/۴	۱۰	لوم شنی

بذر ذرت مورد استفاده، رقم سینگل کراس ۷۰۳ بود که از موسسه تحقیقات نهال و بذر تهیه گردید. تعداد ۲ الی ۳ بذر برروی پشته به فواصل۲۰ سانتی‌متر و در عمق ۵ سانتی‌متر کشت گردید. سوپر جاذب استفاده شده در این تحقیق استاکوزورب می باشد. برای کاربرد آن ابتدا دانه‌های خشک (گرانول) در داخل آب قرار داده شد و پس از آبگیری و افزایش حجم، هیدروژل به دست آمده به صورت دستی و با ایجاد شیار در زیر ردیف های

کاشت در عمق تقریبی ۱۰ سانتی‌متری قرار داده شد. بعد از استقرار گیاه بوته‌های اضافی تنک شده و به یک بوته در هر۲۰ سانتی‌متر (تراکم ۸۰۰۰۰ بوته) کاهش یافت. برای انجام عملیات آبیاری از لوله‌های آبیاری دریچه‌دار ٦ اینچی (هیدروفلوم) استفاده شد. روی لوله هیدروفلوم از طریق یک مخزن ۲۰۰ لیتری در بالادست مزرعه صورت گرفت آب چاه از طریق لوله‌ای که تا نزدیک مزرعه انتقال داده شده بود، ابتدا از قسمت پایین وارد مخزن شده سپس از قسمت بالای مخزن با یک خروجی به سیستم اصلی هیدروفلوم وصل می‌گردید. در قسمت بالای مخزن یک سرریز برای خروج آب مازاد ایجاد گردید تا در مواقعی که آب ورودی به مخزن بیشتر از ظرفیت لوله هیدروفلوم بود، بتواند از سرریز خارج شود با این تدبیر اولاً هوا در لوله‌های هیدروفلوم تجمع پیدا نمی‌کرد و ثانیاً همواره یک دبی ثابت وارد سیستم هیدروفلوم می گردید. تیمارهای کم-آبیاری بعد ار استقرار کامل گیاه و ٤٥ روز بعد از کاشت اعمال گردید و قبل از آن همه تیمارها به صورت کامل آبیاری شدند. معیار تعیین زمان آبیاری با توجه به تجربه کشاورزان منطقه و نظر مسئولین مزرعه بر اساس تبخیر ۵۰ میلی‌متر از تشت در نظر گرفته شد. عمق آب آبیاری بر اساس کمبود رطوبت خاک نسبت به نقطه ظرفیت زراعی در زمان آبیاری از طریق نمونه برداری تعیین شد.

$$d = \frac{(\theta_{FC} - \theta_W) \times \rho_b \times D}{100} \qquad [1]$$

که در آن d: عمق آب آبیاری (سانتی‌متر)، θ_{FC}: رطوبت جرمی خاک در حد ظرفیت زراعی (درصد)، θ_w: رطوبت جرمی خاک در زمان آبیاری (درصد)، ρ_b : جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم در سانتی‌متر مکعب) و D: عمق موثر ریشه می‌باشد. با توجه به اینکه مقدار رطوبت خاک از طریق نمونه برداری بعد از ٢٤ ساعت مشخص می گردد (نیاز به خشک شدن نمونه در آون)، برای تعیین رطوبت خاک در زمان آبیاری، روند تغییرات رطوبت خاک در روزهای قبل از آبیاری تعیین شده سپس از مقدار رطوبت خاک در روز قبل از آبیاری، متوسط تغییرات رطوبت به ازای یک روز از آن کسر شده تا معادل رطوبت خاک در زمان آبیاری به دست آید. در تیمارهای آبیاری موضعی (جویچه‌ای یک در میان)، ابتدا و انتهای جویچه ها به صورت یک در میان مسدود گردید. هم چنین مقدار آبیاری کرت‌های جویچه‌ای یک در میان، ۵۰ درصد کرت‌های تمام جویچه‌ای در نظر گرفته شد. تیمارهای که دارای سوپرجاذب بودند به علت حفظ و نگه داشت بهتر رطوبت خاک، مقدار آب آبیاری کمتری نسبت به تیمارهای فاقد سوپرجاذب مصرف داشتند. شرح تیمارها و حجم آب آبیاری در جدول ۲ ارائه شده است. در نهایت با توجه به حجم آبیاری مورد نظر برای هر کرت و تعیین دبی دریچه مربوط به هر کرت، مدت زمان آبیاری هر کرت تعیین شد. در موقع آبیاری طرح، دریچه هر کرت با توجه به زمان به دست آمده باز و پس از آن بسته می شد. به منظور مقایسه عملکرد و اجزای عملکرد در تیمارهای مختلف، نمونه برداری و برداشت در مرحلهٔ رسیدگی نهایی و پس از حذف ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای هر کرت به عنوان اثر حاشیه‌ای، در محدوده‌ای به طول دو متر از خطوط سوم و چهارم (مساحت ٢/٤ مترمربع) انجام پذیرفت. برای تعیین صفات مورفولوژیک؛ ۱۰ نمونه از محدوده مورد نظر انتخاب شده و اندازه گیری‌های مربوطه صورت گرفت. پس از بررسی نرمال بودن داده‌ها، آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم آفزار SAS نسخه ۹/۳ و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح معنی‌داری ۵ درصد صورت پذیرفت.

جدول ۲- تیمارها و حجم آب آبیاری.

ردیف	علائم اختصاری	شرح تیمارها	حجم کل آب آبیاری($m^3\ ha^{-1}$)
۱	$I_{100}M_1S_1$	آبیاری تمام جویچه‌ای با ۱۰۰٪ نیاز آبی و بدون مصرف سوپرجاذب	۸۹۱۷
۲	$I_{100}M_1S_2$	آبیاری تمام جویچه‌ای با ۱۰۰٪ نیاز آبی و مصرف سوپرجاذب	۷٦٥۳
۳	$I_{100}M_2S_1$	آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت با ۱۰۰٪ نیاز آبی و بدون مصرف سوپرجاذب	٦۲٤۲
٤	$I_{100}M_2S_2$	آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت با ۱۰۰٪ نیاز آبی و مصرف سوپرجاذب	٥۳٥۷
٥	$I_{75}M_1S_1$	آبیاری تمام جویچه‌ای با ۷٥٪ نیاز آبی و بدون مصرف سوپرجاذب	۷۳۱۲
٦	$I_{75}M_1S_2$	آبیاری تمام جویچه‌ای با ۷٥٪ نیاز آبی و مصرف سوپرجاذب	٦۲٤٤
۷	$I_{75}M_2S_1$	آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت با ۷٥٪ نیاز آبی و بدون مصرف سوپرجاذب	٥٤۳۹
۸	$I_{75}M_2S_2$	آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت با ۷٥٪ نیاز آبی و مصرف سوپرجاذب	٤٦٥۳
۹	$I_{50}M_1S_1$	آبیاری تمام جویچه‌ای با ٥۰٪ نیاز آبی و بدون مصرف سوپرجاذب	٥۸۸٥
۱۰	$I_{50}M_1S_2$	آبیاری تمام جویچه‌ای با ٥۰٪ نیاز آبی و مصرف سوپرجاذب	٥۲۸۷
۱۱	$I_{50}M_2S_1$	آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت با ٥۰٪ نیاز آبی و بدون مصرف سوپرجاذب	٤۷۲٦
۱۲	$I_{50}M_2S_2$	آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت با ٥۰٪ نیاز آبی و مصرف سوپرجاذب	٤۱۷٤

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس تاثیر توام کم‌آبیاری، روش آبیاری و کاربرد سوپر جاذب و بر همکنش آنها بر خصوصیات عملکرد، مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه ذرت در جدول ۳ و مقایسه میانگین اثرات اصلی عوامل مورد نظر بر صفات مورد مطالعه در جدول ٤ ارائه شده است. تاثیر توام سطوح مختلف کم‌آبیاری، روش آبیاری و کاربرد پلیمر سوپرجاذب و هم چنین اثرات برهمکنش آنها بر ارتفاع بوته ذرت در سطح ٥ درصد معنی‌دار نشد (جدول۳). مقدار آب آبیاری در طول دوره رشد در تیمارهای آبیاری I_{75} و I_{50} به ترتیب ۱٦ و ۲۸/۷ درصد نسبت به آبیاری کامل (I_{100}) کاهش یافت. در صورتی که بر اثر اعمال این تنش رطوبتی، ارتفاع بوته در سطح ٥ درصد معنی‌دار نشد (جدول٤). معنی‌دار نشدن (در سطح ٥ درصد) اثر تیمارها بر این صفت نشان دهنده ثبات نسبی این صفت در مقابل تغییرات محیطی است. رضایی سوخت آبندانی و همکاران(۲۰۰۹) در آزمایشی اعلام کرد که تیمارهای آبیاری بر ارتفاع بوته ذرت تأثیر معنی‌داری نداشت. ارتفاع گیاه در اعمال تنش متوسط نسبت به آبیاری کامل افزایش داشته است و بیانگر تطابق گیاه با شرایط کم آبیاری است. متوسط مقدار آب آبیاری در طول دوره رشد در تیمارهای آبیاری جویچه‌ای یک در میان ۲٦٪ کمتر از تیمارهای تمام جویچه‌ای بود در حالی که ارتفاع بوته در روش آبیاری یک در میان نسبت به روش آبیاری تمام جویچه‌ای کاهش معنی‌داری نداشت (جدول٤). ارتفاع بوته با مصرف پلیمر سوپر جاذب نسبت به حالت عدم مصرف، افزایش معنی‌داری نیافت در حالی که مصرف سوپرجاذب سبب کاهش آب آبیاری به میزان ۱۳/٤٪ در طول دوره رشد گردید (جدول٤). بررسی جهان و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد که اثر مقادیر متفاوت سوپرجاذب و دور آبیاری و نیز تاثیر توام آنها بر ارتفاع بوته ذرت معنی‌دار بود. بیشترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار کاربرد سوپرجاذب بود که نسبت به تیمارشاهد، ۸٪ افزایش نشان داد.

جدول۳ - تجزیه واریانس تاثیر توام کم‌آبیاری، روش آبیاری و کاربرد سوپر جاذب بر خصوصیات عملکرد و اجزاء عملکرد. ذرت.

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	قطر بوته	طول بلال	قطر بلال	طول دانه	عملکرد علوفه تر	عملکرد علوفه خشک
بلوک	۳	۱۵۲۰/۷۱**	۰/۰۶$^{n.s}$	٤/٦۳$^{n.s}$	۰/۰۳$^{n.s}$	۱/۱۷*	۳۰۸۷٤۹۷۳/۵۰$^{n.s}$	۲۷۲۷٦۰/٦٦$^{n.s}$
کم‌آبیاری	۲	۱۸۱/٤۹$^{n.s}$	۰/۰۲$^{n.s}$	۲/۰۵$^{n.s}$	۰/۱۲**	۰/٦۲$^{n.s}$	۱۷۵۵۷۹۸۷/۲۵$^{n.s}$	۲۰۷۹۹۵۹۵/۳۱**
روش آبیاری	۱	۰/۹۳$^{n.s}$	۰/۲۸**	٤/۱۲$^{n.s}$	۰/۱۵**	۰/۳۸$^{n.s}$	٦۰۲۸۲۲۲۸/۹٤$^{n.s}$	۳۵٤۷/۸٤$^{n.s}$
کم‌آبیاری×روش آبیاری	۲	۱/۷۹$^{n.s}$	۰/۰٦$^{n.s}$	۹/۸۷$^{n.s}$	۰/۰۱$^{n.s}$	۰/۰٤$^{n.s}$	۱۱٦۹۳۰۱۰/۹۸$^{n.s}$	۳۱۹۷۹۵۲/٦۹$^{n.s}$
خطای اصلی	۱۵	۱٦۷/٤۷	۰/۰۳	۲/۷۰	۰/۰۲	۰/۲۷	۲٤٦۷٦۲۵۳/۳۰	۹۸۹۲۹۲/٤٦
سوپرجاذب	۱	۱۳/۵۷$^{n.s}$	۰/۰٦*	۰/۱۳$^{n.s}$	۰/۰۰$^{n.s}$	۰/۰۱$^{n.s}$	۵٤۷۲۰۰/۵۰$^{n.s}$	۳۵٦٦۷٦/٦٤$^{n.s}$
کم‌آبیاری×سوپرجاذب	۲	۱۵۰/۰۰$^{n.s}$	۰/۰۱$^{n.s}$	۰/٤۹$^{n.s}$	۰/۰۲$^{n.s}$	۰/۹۰*	۳٤۹۹٦۱/۷۰$^{n.s}$	۵۲۱٤۸۵/۰٦$^{n.s}$
روش آبیاری×سوپرجاذب	۱	۶۸/۹۳$^{n.s}$	۰/۰۱$^{n.s}$	۳/۷۸$^{n.s}$	۰/۰۲$^{n.s}$	۰/۰۰$^{n.s}$	٤۵۵۸۱۹۱/۸۰$^{n.s}$	٤۰۱۱۸/٤۱$^{n.s}$
کم‌آبیاری× روش آبیاری× سوپر جاذب	۲	۳٦/۱۳$^{n.s}$	۰/۰۲$^{n.s}$	۰/۳۷$^{n.s}$	۰/۰۰$^{n.s}$	۰/۰۲$^{n.s}$	۲۷٦٦٤۷۹۸/۲*	۳۹٦۷۹۱۸/۲٤**
خطا	۱۸	۱۹۵/٤٤	۰/۰۱	۲/٤٦	۰/۰۲	۰/۲۱	٦۵۰۹۳۸٤/۱۰	٤٤۹٤۸۹/۰۳
ضریب تغییرات(درصد)	...	۸/۱۷	۳/۷۵	۹/۲٤	۳/۳۰	۵/۲۸	۱۲/۷٤	۷/٤۹

** و * به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ و ns عدم وجود اختلاف معنی دار است.

ادامه جدول۳ - تجزیه واریانس تاثیر توام کم‌آبیاری، روش آبیاری و کاربردسوپر جاذب بر خصوصیات عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت.

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد بلال‌تر	عملکرد بلال‌خشک	عملکرد بیولوژیک	کارآیی مصرف آب(علوفه‌خشک)	کارآیی مصرف آب(عملکردبیولوژیک)
بلوک	۳	۲۰۵۹۹۳۰۳/۸۰$^{n.s}$	۱۲۰۳۰٦۳٤/۸۹$^{n.s}$	۳۳۷۷۵۵۷۹/۵۰$^{n.s}$	۰/۰۱$^{n.s}$	۱/۰۰$^{n.s}$
کم‌آبیاری	۲	٦۳۲۰۳۳۷۷/٦۰*	۳۹٤۲۹۳۹۸/۸۳**	۹٦۸۷۳۹٤۳/۰۰*	۰/۰٦**	۲/۹۱**
روش‌آبیاری	۱	۱۱۳۱۷۳۰۱٤/۱۰*	۳۳۳۸۸۹۰٦/٤۸*	۵۸۷۵۱۱۲۳/٦۰$^{n.s}$	۲/٤۰**	۷/۵٦**
کم‌آبیاری×روش آبیاری	۲	۳۱۲۵۵۰۸۰/۲۰$^{n.s}$	۱۰٦۵٦۱۲۲/٤۵$^{n.s}$	۱٤۰۱۱٦۸۷/٤۰$^{n.s}$	۰/۱۳**	۰/۰٦$^{n.s}$
خطای اصلی	۱۵	۱٦٤۰۷۵٤٦/۱۰	۵۵۹٦۷٦۳/۲٦	۱٦۲۱۰۰٦۲/٦	۰/۰۱	۰/۵۱
سوپرجاذب	۱	۳۱۹۰۳/۸۰$^{n.s}$	۱۲۷۸۳/٤٦$^{n.s}$	۵۱٤۷٦۷/۸۰$^{n.s}$	۰/۳۷**	۳/٤۱**
کم‌آبیاری×سوپرجاذب	۲	٦٦۳۹۰٦۲/۸۰$^{n.s}$	۱٦۳۵۲۲۳/۷۰$^{n.s}$	٤٦۰۱٦۸٦/۹۰$^{n.s}$	۰/۰٦**	۰/٤٤$^{n.s}$
روش‌آبیاری×سوپرجاذب	۱	۱۸٤٦٤٦۳۱/٦۰$^{n.s}$	٦۳۱۳۵۵۵/۲۰$^{n.s}$	۷۵٤۳۹۵۱/۹۰$^{n.s}$	۰/۰۰$^{n.s}$	۰/۳٦$^{n.s}$
کم‌آبیاری×روش‌آبیاری× سوپرجاذب	۲	۲۲۰۷۳۸۵/۵۰$^{n.s}$	۱۲۷۷۸۳۸/۸۸$^{n.s}$	۱۰۱۷۱۷٤۵/۳۰$^{n.s}$	۰/۱٤**	۰/۳۱$^{n.s}$
خطا	۱۸	۱۰۰٤۲۹۹٦/۱۰	۵۰٦۹۲٤٤/۹	۸۳۲۱٦۵۸/٤	۰/۰۰	۰/۲۳
ضریب تغییرات(درصد)	...	۱۷/٤۹	۲۰/٤۸	۱۲/٦۷	۲/۵۷	۱۲/۱۹

** و * به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ و ns عدم وجود اختلاف معنی دار است.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر کم‌آبیاری، روش‌آبیاری و سوپرجاذب بر صفات مورد مطالعه.

	تیمار	ارتفاع بوته (cm)	قطر بوته (cm)	طول بلال (cm)	قطر بلال (cm)	طول دانه (mm)	عملکرد علوفه‌تر ($kg\ ha^{-1}$)	متوسط حجم کل آب آبیاری ($m^3\ ha^{-1}$)
کم آبیاری	۱۰۰٪ نیاز آبی	۱۶۷/۴۵ a	۲/۴۴ a	۱۷/۳۵ a	۴/۰۶ b	۸/۵۳ a	۱۸۹۸۰ a	۷۰۴۲
	۷۵٪ نیاز آبی	۱۷۴/۰۹ a	۲/۵۱ a	۱۶/۹۴ a	۴/۱۸ a	۸/۹۲ a	۲۰۰۱۴ a	۵۹۱۲
	۵۰٪ نیاز آبی	۱۷۱/۷۶ a	۲/۵۰ a	۱۶/۶۴ a	۴/۰۱ b	۸/۸۰ a	۲۱۰۷۶ a	۵۰۱۸
روش آبیاری	تمام جویچه‌ای	۱۷۱/۲۴ a	۲/۵۶ a	۱۷/۲۷ a	۴/۱۴ a	۸/۸۴ a	۲۱۱۴۴ a	۶۸۸۳
	جویچه‌ای یک در میان	۱۷۰/۹۶ a	۲/۴۱ b	۱۶/۶۸ a	۴/۰۳ b	۸/۶۶ a	۱۸۹۰۳ a	۵۰۹۸
سوپرجاذب	عدم مصرف سوپر جاذب	۱۷۰/۵۷ a	۲/۵۲ a	۱۶/۹۲ a	۴/۰۷ a	۸/۷۶ a	۲۰۱۳۰/۲ a	۶۴۲۰
	مصرف سوپر جاذب	۱۷۱/۶۳ a	۲/۴۵ b	۱۷/۰۳ a	۴/۰۹ a	۸/۷۳ a	۱۹۹۱۶/۷ a	۵۵۶۱

میانگین‌ها دارای حروف مشابه در هر ستون طبق آزمون دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

ادامه جدول۴- مقایسه میانگین اثر کم‌آبیاری، روش‌آبیاری و سوپرجاذب بر صفات مورد مطالعه.

	تیمار	عملکردعلوفه خشک($kg\ ha^{-1}$)	عملکردبلال تر($kg\ ha^{-1}$)	عملکردبلال خشک($kg\ ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک ($kg\ ha^{-1}$)	کارآیی مصرف آب علوفه‌خشک ($kg\ m^{-3}$)	کارآیی مصرف آب بیولوژیک ($kg\ m^{-3}$)	متوسط حجم کل آب آبیاری ($m^3\ ha^{-1}$)
کم آبیاری	۱۰۰٪ نیازآبی	۱۰۱۹۵/۳ a	۱۷۰۹۶ b	۱۰۷۰۴/۹ b	۲۳۶۹۴ a	۱/۵۱ b	۳/۴۴ b	۷۰۴۲
	۷۵٪ نیاز آبی	۸۶۹۵/۶ b	۲۰۴۱۵ a	۱۲۶۸۴/۴ a	۲۴۶۳۶ a	۱/۵۰ b	۴/۲۶ a	۵۹۱۲
	۵۰٪ نیاز آبی	۷۹۵۷/۸ b	۱۶۸۶۱ b	۹۵۸۴/۱ b	۱۹۹۸۲ b	۱/۶۱ a	۴/۰۴ a	۵۰۱۸
روش آبیاری	تمام جویچه‌ای	۸۹۴۱ a	۱۹۶۶۰ a	۱۱۸۲۵/۲ a	۲۳۸۷۷ a	۱/۳۲ b	۳/۵۲ b	۶۸۸۳
	جویچه‌ای یک در میان	۸۹۵۸/۲ a	۱۶۵۸۹ b	۱۰۱۵۷/۱ b	۲۱۶۶۴ a	۱/۷۷ a	۴/۳۱ a	۵۰۹۸
سوپرجاذب	عدم مصرف سوپرجاذب	۹۰۳۵/۸ a	۱۸۱۵۰/۲ a	۱۰۹۷۴/۸ a	۲۲۸۷۴/۳a	۱/۴۵ b	۳/۶۵ b	۶۴۲۰
	مصرف سوپرجاذب	۸۸۶۳/۴ a	۱۸۰۹۸/۶ a	۱۱۰۰۷/۵ a	۲۲۶۶/۲ a	۱/۶۳ a	۴/۱۸ a	۵۵۶۱

میانگین‌ها دارای حروف مشابه در هر ستون طبق آزمون دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

قطر بوته

اثر روش‌های مختلف آبیاری بر قطر بوته ذرت در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار گردید (جدول۳). قطر بوته در روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان نسبت به روش آبیاری تمام جویچه‌ای کاهش معنی‌دار دارد (جدول٤). بعلت عدم محدودیت دسترسی به آب در روش آبیاری تمام جویچه‌ای، قطر بوته به میزان ۲/۵٦ میلی‌متر بوده و با ایجاد محدودیت در روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان قطر بوته ۵/۹ درصد کاهش یافته است. تأمین آب کافی بر توسعه ساقه تاثیر گذاشته و میزان تجمع مواد در این اندام را تغییر می‌دهد. بررسی‌های کرانک و جنکگلان (۲۰۰۳) در خصوص تنش رطوبتی و کاهش مصرف آب باعث کاهش معنی‌دار قطر ساقه و کاهش ارتفاع گیاه ذرت گردید. هم چنین اثر کاربرد پلیمر سوپرجاذب بر قطر ساقه در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار شد (جدول۳). بطوریکه قطر ساقه ۳٪ کاهش

پیدا کرده و نسبت به حالت عدم مصرف سوپرجاذب تفاوت معنی‌دار دارد (جدول٤). کاربرد سوپرجاذب در کشاورزی می‌تواند نقش مؤثری در افزایش ظرفیت نگهداری و جذب رطوبت خاک و کاهش اثر گذاری‌های نامطلوب تنش خشکی داشته باشد (نظرلی و همکاران ۲۰۱۰).

طول بلال

اثر سطوح مختلف کم‌آبیاری، روش آبیاری و کاربرد پلیمر سوپرجاذب و هم چنین اثرات برهمکنش آنها بر طول بلال معنی‌دار نگردید (جدول۳). با افزایش سطح کم آبیاری طول بلال کاهش یافت اما این کاهش معنی دار نبود. رضایی سوخت آبندانی و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند طول بلال تحت تأثیر دور آبیاری تفاوت معنی‌داری نشان نداد. طول بلال در روش آبیاری موضعی به صورت یک در میان نسبت به روش تمام جویچه‌ای کاهش معنی‌داری نداشت. در حالیکه متوسط مقدار آب آبیاری در طول دوره رشد در تیمارهای جویچه‌ای یک در میان نسبت به روش تمام جویچه‌ای ۲٦ درصد کاهش یافت. نتایج بررسی ولی‌فر و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد که کاهش طول بلال در ارتباط با روش آبیاری یک در میان ثابت نسبت به روش آبیاری متناوب و نرمال می باشد. علت کاهش طول بلال در نتیجه اعمال روش آبیاری یک در میان را می‌توان ناشی از کافی نبودن آب در دسترس دانست. با مصرف پلیمر سوپر جاذب طول بلال نسبت به حالت عدم مصرف سوپر جاذب افزایش معنی‌داری نیافت. اما مصرف سوپر جاذب سبب کاهش آب آبیاری به میزان ۱۳/٤٪ در طول دوره رشد گردید (جدول٤). این درحالیست که مطابق بررسی‌های حسن‌زاده و فرج‌زاده معماری تبریزی (۲۰۱٦) مقایسه میانگین های طول بلال ذرت تحت تاثیر سطوح آبیاری و کاربرد سوپرجاذب در ارقام مختلف ذرت نشان داد که کم آبی کاهش معنی‌داری را در طول بلال باعث شد.

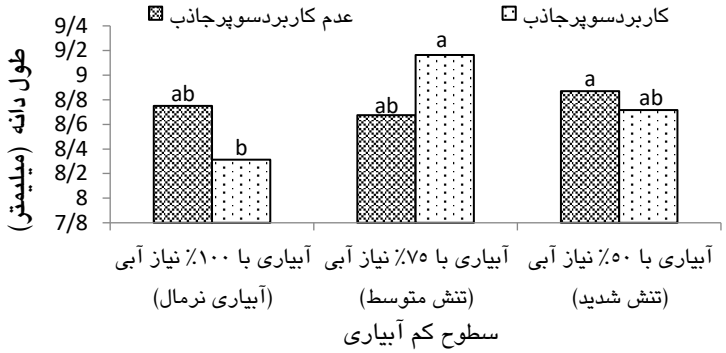
قطر بلال

اثر اصلی کم‌آبیاری و روش‌های مختلف آبیاری بر قطر بلال در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار گردید (جدول۳). بررسی تیمارهای کم‌آبیاری نشان داد مقدار آب آبیاری در طول دوره رشد در تیمار آبیاری I_{75}، ۱٦٪ نسبت به آبیاری کامل کاهش یافت. بعلاوه حداکثر قطر بلال در سطح آبیاری I_{75} ایجاد گردید که با حالت آبیاری کامل تفاوت معنی‌داری دارد. درحالیکه اندازه قطر بلال در کم‌آبیاری شدید با حالت آبیاری نرمال در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول٤). شیخی و همکاران (۲۰۰۹) اعلام کردند کاهش قطر بلال احتمالا به علت کاهش در حجم و اندازه دانه ها و هم چنین کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه می‌باشد. قطر بلال در روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان ۲/۷ درصد کمتر از روش آبیاری معمول میباشد با این حال متوسط مقدار آب آبیاری در طول دوره رشد در تیمارهای جویچه‌ای یک در میان نسبت به روش تمام جویچه‌ای ۲٦ درصد کاهش داشته است (جدول٤). در واقع بعلت عدم محدودیت دسترسی به آب در روش آبیاری تمام جویچه‌ای قطر بلال بالاتر بوده و با ایجاد محدودیت در روش آبیاری یک جویچه در میان کاهش قطر بلال داریم. حیدری و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی نتایج خود اعلام کردند که قطر بلال تحت تاثیر معنی‌دار تنش ملایم، تنش شدید و تنش خیلی شدید (آبیاری پس از ۹۰، ۱۳۰، ۱۷۰ میلی‌متر تبخیر) قرار گرفت.

طول دانه

برهمکنش سطوح کم‌آبیاری و کاربرد پلیمر سوپرجاذب بر طول دانه در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار گردید (جدول۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل کم‌آبیاری و سوپرجاذب بر طول دانه بلال در شکل ۱ ارائه شده است. در شرایط کم‌آبیاری متوسط (I_{75})، کاربرد سوپرجاذب سبب افزایش مقدار طول دانه به میزان ۵/۵٪ نسبت به عدم استفاده از آن بوده است. در واقع بالاترین میزان طول دانه در شرایط کم‌آبیاری متوسط و استفاده از پلیمر (۹/۱٦ میلی‌متر) با کاهش حجم آب

مصرفی در طول دوره رشد به میزان ۱٤٪ بدست آمد. فاضلی رستم پور و همکاران (۲۰۱۲) بیان داشتند که احتمالاً سوپرجاذب از طریق افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک، در مرحله پر شدن دانه، توانسته محتوی نسبی آب گیاه و در نتیجه پتانسیل آب سلول‌ها و قدرت مخزن را افزایش داده و طول دانه را بیافزاید.



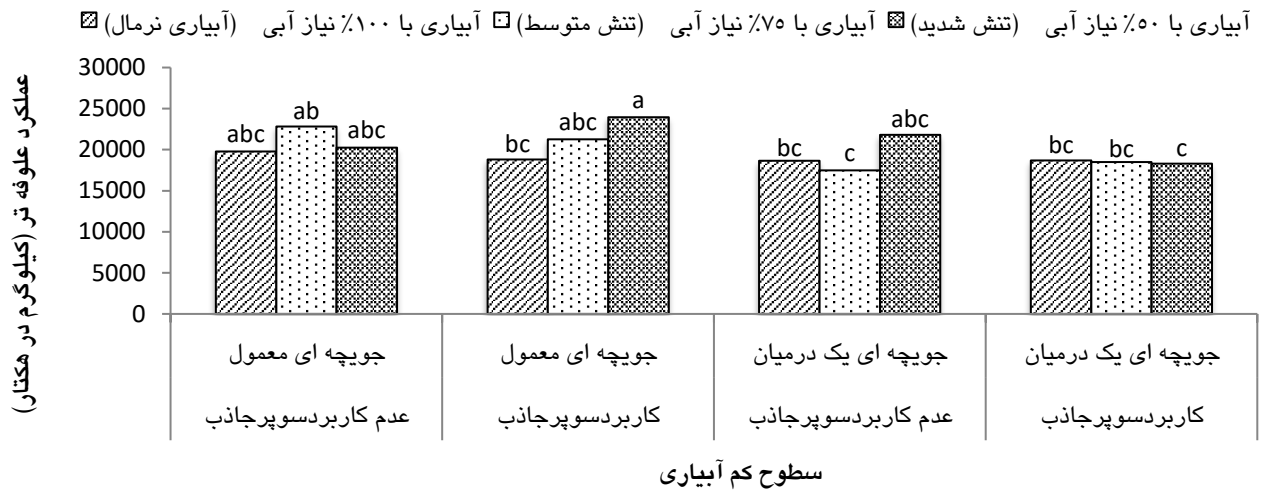
شکل۱- اثر برهمکنش کم آبیاری و سوپر جاذب بر طول دانه.

عملکرد علوفه‌تر

تاثیر توام کم آبیاری و روش آبیاری و کاربرد سوپر جاذب در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار گردید (جدول۳). برای مشاهده بهتر نتایج، مقایسه میانگین برهمکنش کم‌آبیاری، روش آبیاری و سوپر جاذب بر عملکرد علوفه تر در شکل ۲ نشان داده شده است. به طور کلی مقدار علوفه‌تر در تیمارهای مختلف حاصل از روش آبیاری، سطوح کم‌آبیاری و سوپرجاذب (شامل ۱۱ تیمار) نسبت به تیمار شاهد ($I_{100}M_1S_1$) تفاوت معنی‌داری نداشت در حالی که حجم آب آبیاری در طول دوره رشد در ۱۱ تیمار مورد نظر نسبت به تیمار شاهد مطابق جدول ۲ کاهش یافته است. نتایج رضایی سوخت آبندانی و همکاران (۲۰۰۹) نشان داد که عملکرد علوفه‌تر تحت تاثیر سطوح تنش خشکی قرار نگرفت با این حال عملکرد علوفه تر در دور آبیاری ۷۵ میلی‌متر تبخیر بیشتر از میزان آن در دور آبیاری ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر بدست آمد. بیشترین مقدار علوفه‌تر در تیمار$I_{50}M_1S_2$ به میزان ۲۳۹۵۸ کیلوگرم در هکتارو کمترین مقدار آن در تیمار$I_{75}M_2S_1$ به میزان ۱۷٤۹۵ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. عملکرد علوفه‌تر در این دو تیمار نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۲۱/۱ درصد افزایش و ۱۱/٦ درصد کاهش یافت. نتایج عملکرد علوفه‌تر در این دو تیمار اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت، در حالی که حجم آبیاری در طول دوره رشد به ترتیب ۳۹و ٤۰/۷ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش نشان داد. به عبارت دیگر استفاده از پلیمر سوپرجاذب و روش آبیاری تمام جویچه‌ای، محدودیت حاصل از افزایش سطح کم آبیاری را کاهش داده است. به طور کلی افزایش سطح کم آبیاری، منجر به تفاوت معنی‌داری در مقدار علوفه‌تر نگردید. نجفی نژاد و همکاران (۲۰۱۵) اعلام کردند عملکرد علوفه‌تر در آبیاری نرمال اختلاف معنی‌دار با شرایط تنش خشکی داشت بعلاوه عملکرد علوفه‌تر در حالت عدم کاربرد سوپرجاذب کمترین عملکرد را داشت.

عملکرد علوفه خشک

تاثیر توام کم‌آبیاری، روش آبیاری و کاربرد پلیمر سوپرجاذب بر عملکرد علوفه خشک در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول۳). به طور کلی با افزایش سطح کم آبیاری مقدار عملکرد علوفه خشک کاهش یافت.

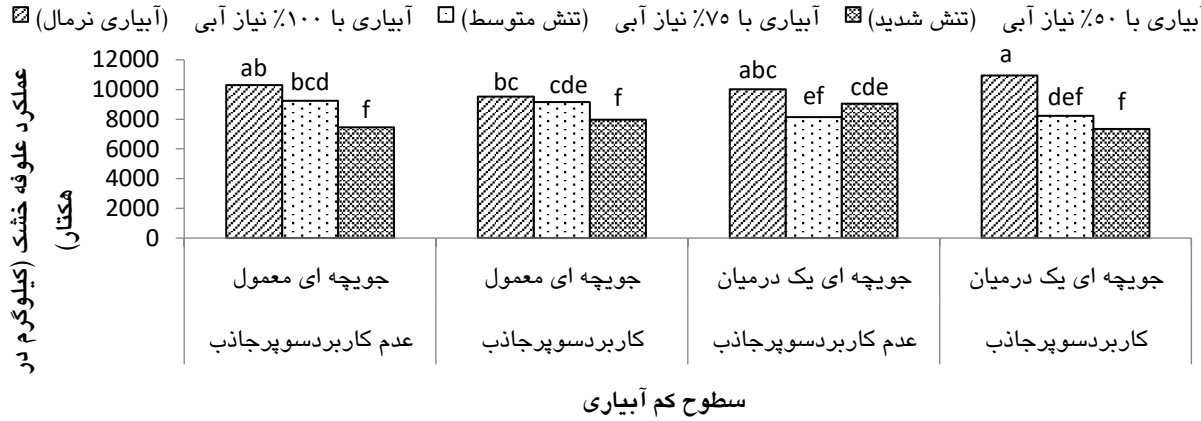


شکل۲- اثر برهمکنش کم آبیاری، روش آبیاری و سوپر جاذب بر عملکرد علوفه تر.

در شرایط آبیاری I_{75}، عملکرد علوفه خشک در روش آبیاری موضعی و عدم استفاده از پلیمر نسبت به روش تمام جویچه‌ای و عدم کاربرد سوپرجاذب کاهش معنی‌داری داشت (شکل ۳). علت کاهش را می‌توان ناشی از کافی نبودن میزان آب در دسترس دانست و به محدود شدن توسعه ریشه در این شرایط نسبت داد. در شرایط آبیاری تمام جویچه‌ای با سطح آبیاری I_{50} و هم چنین در شرایط آبیاری جویچه‌ای یک در میان با سطح آبیاری I_{75}، مصرف سوپرجاذب منجر به افزایش عملکرد علوفه خشک نسبت به شرایط عدم مصرف پلیمر شد. افزایش وزن خشک گیاه ذرت را در این تیمارها می توان در نتیجه افزایش رطوبت قابل استفاده در خاک در اثر کاربرد پلیمرهای سوپرجاذب نسبت داد (موذن قمصری و همکاران ۲۰۰۹). بیشترین عملکرد علوفه خشک در تیمار آبیاری $I_{100}M_2S_2$ بدست آمد به طوری که مقدار عملکرد علوفه خشک در این تیمار با ٦/۳ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد و کاهش حجم آبیاری به میزان ٤۰ درصد به دست آمد . معمولاً مصرف سوپرجاذب در افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و در نهایت کاهش تأثیر تنش خشکی مؤثر می‌باشد (جهان و همکاران ۲۰۱۳). افزایش سطح کم آبیاری سبب کاهش محسوس عملکرد علوفه خشک در ارتباط با سطح آبیاری I_{50} نسبت به شرایط آبیاری کامل شده است. به صورتی که کمترین مقدار عملکرد علوفه خشک در تیمار $I_{50}M_2S_2$ کاهش ۲۸/٦ درصدی معنی‌دار نسبت به تیمار شاهد و کاهش ۵۳/۲ درصدی در حجم آبیاری در طول دوره رشد همراه بود. نتایج بررسی جهان و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد که اثر متقابل استفاده سوپرجاذب و دور آبیاری معنی‌دار بوده است. میزان ماده خشک ذرت در تیمار کاربرد ٤۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب و دور آبیاری ۷ روز نسبت به تیمار شاهد ۱۵/٤٪ درصد کاهش داشت با این وجود در یک گروه آماری قرار داشتند.

عملکرد بلال‌تر و خشک

اثر اصلی کم‌آبیاری و هم چنین اثر اصلی روش آبیاری بر عملکرد بلال‌تر و عملکرد بلال خشک معنی‌دار گردید (جدول۳). حداکثر مقدار عملکرد بلال‌تر و خشک در شرایط آبیاری I_{75} ایجاد گردید و نسبت به آبیاری کامل به ترتیب با ۱۸/۵ و۱۹/٤درصد افزایش عملکرد تفاوت معنی‌دار یافت. این افزایش عملکرد با کاهش حجم آبیاری به میزان۱٦٪ در طول دوره رشد گیاه نسبت به شرایط آبیاری کامل همراه بود (جدول٤).



شکل۳- برهمکنش کم‌آبیاری، روش آبیاری و پلیمر سوپرجاذب بر عملکرد علوفه خشک.

هم چنین اختلاف مقدار عملکرد بلال‌تر و خشک در شرایط آبیاری I_{100} و I_{50} معنی‌دار نبود. با این وجود کم آبیاری شدید کاهش ۲۹ درصدی در حجم آبیاری را در دوره رشد گیاه نسبت به آبیاری کامل نشان داده است. باتوجه به اینکه عمق نفوذ و گسترش ریشه نقش بسزایی در تحمل تنش و استفاده بهینه از رطوبت ذخیره شده در خاک را دارد، چه بسا ریشه به دنبال دریافت آب در شرایط کم‌آبیاری متوسط توزیع بهتری از حالت آبیاری کامل داشته و باعث افزایش عملکرد شده است که این حالت با افزایش سطوح کم‌آبیاری و نیز وقوع کم‌آبیاری شدید روند کاهش یافته است. عملکرد بلال تر و عملکرد بلال خشک در روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان به ترتیب ۱۵٪ و ۱۴٪ نسبت به حالت آبیاری تمام جویچه‌ای کمتر بوده و با آن اختلاف معنی‌داری دارد (جدول٤). دلیل آن را می‌توان به محدود شدن توسعه ریشه در این شرایط و ایجاد تداخل در فرایند فیزیولوژیکی گیاه به خاطر اختلاف زیاد رطوبت در طرفین پشته و خط کاشت نسبت داد. در واقع بعلت عدم محدودیت دسترسی به آب عملکرد بالاتری در روش تمام جویچه‌ای مشاهده می شود.

عملکرد بیولوژیک

عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر معنی‌دار اثر کم-آبیاری قرار گرفت (جدول ٤). با تغییر اعمال کم‌آبیاری از I_{100} به I_{75}، تفاوت معنی‌داری در عملکرد بیولوژیک مشاهده نشد ولی در آبیاری I_{50}، مقدار عملکرد بیولوژیک کاهش معنی‌داری نسبت به آبیاری I_{75} و I_{100} داشت. مجدم و مدحج (۲۰۱۲) گزارش کردند که اثر سطوح آبیاری بر عملکرد بیولوژیکی ذرت معنی‌دار بود و با افزایش شدت تنش خشکی بطور معنی‌دار کاهش یافت. بالاترین عملکرد بیولوژیک در بین سطوح مختلف آبیاری، در آبیاری I_{75} و کمترین آن در آبیاری I_{50} به دست آمد (جدول ٤). میانگین عملکرد بیولوژیکی در شرایط تنش خشکی ملایم و شدید نسبت به شرایط مطلوب به ترتیب ١٤ و ٣١ درصد کاهش یافت. نتایج ساجدی و ساجدی (۲۰۰۹) نشان داد عملکرد بیولوژیک ذرت با کاهش آب مصرفی نقصان یافت. به نظر می رسد که تنش خشکی با تأثیر منفی بر رشد و نمو اندام‌های زایشی موجب کاهش عملکرد بیولوژیک شده است. هم چنین کوهستانی و همکاران (۲۰۱۰) اذعان داشتند که تنش خشکی عملکرد بیولوژیک ذرت را کاهش می دهد و این کاهش در تنش ۵۰ درصد نیاز آبی شدیدتر است.

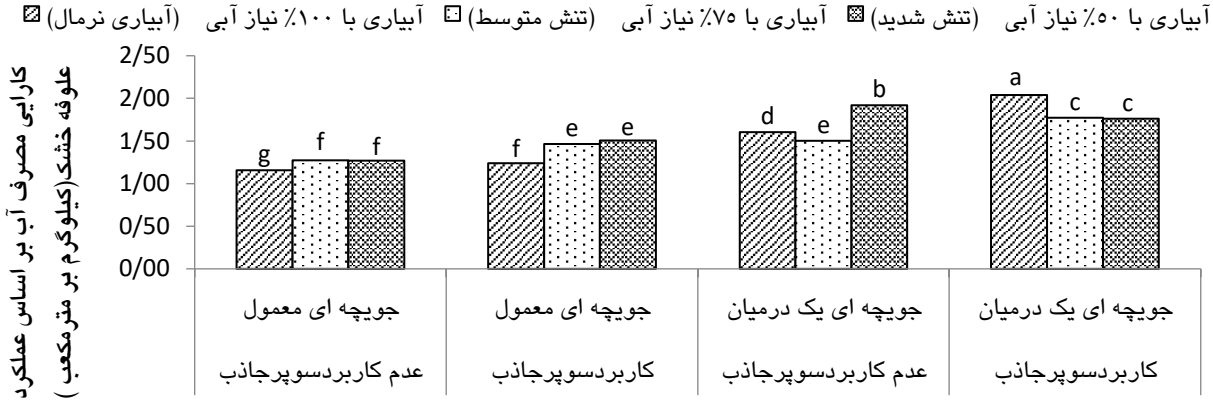
کارآیی مصرف آب بر اساس علوفه خشک

بر طبق نتایج جدول تجزیه واریانس اثر اصلی کم‌آبیاری، روش آبیاری و پلیمر سوپرجاذب و هم چنین اثرات متقابل آنها بر کارایی مصرف آب بر اساس علوفه خشک معنی‌دار گردید (جدول۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل سه گانه بر عملکرد علوفه خشک در شکل

٤ نشان داده شده است. بیشترین کارایی مصرف آب برای عملکرد علوفه خشک در تیمار $I_{100}M_2S_2$ به میزان ۲/۰٤ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد ($I_{100}M_1S_1$) ۷۵/۹ درصد افزایش معنی‌داری یافت (شکل ٤). نتایج بررسی کریمی و همکاران (۲۰۰۷) نشان داد با افزایش کاربرد ماده سوپرجاذب؛ کارآیی مصرف آب برای عملکرد ماده خشک ذرت ۱/٦٥ کیلوگرم بر متر مکعب آب مصرفی بدست آمد. هم چنین کمترین میزان بهره‌وری آب برای تولید علوفه خشک در تیمار شاهد به میزان ۱/۱٦ کیلوگرم بر متر مکعب به دست آمد که کاهش زیاد بهره‌وری آب در تیمار شاهد به لحاظ برخورداری از بالاترین حجم متوسط کل آب آبیاری در طول دوره رشد می باشد (جدول۲). به طور کلی استفاده از روش جویچه‌ای یک در میان و هم چنین مصرف سوپرجاذب منجر به افزایش قابل توجه کارایی مصرف آب برای تولید علوفه خشک شد. در روش آبیاری تمام جویچه‌ای، کارایی مصرف آب بر اساس علوفه خشک بر اثر مصرف سوپرجاذب در سطوح آبیاری I_{100}، I_{75} و I_{50} به ترتیب ٦/۹، ۱۵/۷ و ۱۸/۹ درصد افزایش یافت. هم چنین در روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان، کارایی مصرف آب بر اثر کاربرد سوپرجاذب در سطوح آبیاری I_{100} و I_{75} به ترتیب ۲٦/۷ و ۱۸/۰ درصد افزایش یافت. بررسی‌های فاضلی رستم پور و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که برهمکنش سطوح آبیاری و سوپرجاذب تأثیر معنی‌داری بر کارآیی مصرف آب داشت به طوری که حداکثر کارآیی مصرف آب در تیمار تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی ذرت و کاربرد ۱۰۵ و ۳۵ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار و حداقل آن در تیمار تأمین ٤۰ درصد نیاز آبی و بدون مصرف سوپرجاذب مشاهده گردید. در شرایط عدم استفاده از سوپر جاذب، کارایی مصرف آب برای علوفه خشک در روش جویچه‌ای یک در میان در سطوح آبیاری I_{100}، I_{75} و I_{50} به ترتیب ۳۸/۸، ۱۸/۱ و ۵۱/۲ درصد نسبت به روش جویچه‌ای معمول افزایش داشت.

کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد بیولوژیک

اثرات ساده کم‌آبیاری، روش آبیاری و سوپرجاذب بر کارایی مصرف آب عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار گردید ولی اثرات متقابل آنها معنی‌دار نشد (جدول۳). بیشترین کارایی مصرف آب برای عملکرد بیولوژیک در تیمار آبیاری I_{75} به دست آمد که نسبت به تیمار آبیاری کامل، ۲۳/۸ درصد افزایش معنی‌داری یافت (جدول٤). هم چنین کارایی مصرف آب (عملکرد بیولوژیک) در تیمارهای I_{75} و I_{50} اختلاف معنی‌داری نسبت به هم نداشتند که دلیل آن را می‌توان تلفات آب از طریق تبخیر و تعرق و نفوذ عمقی بیشتر در تیمار آبیاری کامل دانست. نتایج بررسی ساجدی و ساجدی (۲۰۰۹) نیز افزایش کارایی مصرف آب (عملکرد بیولوژیک) ذرت در تیمارهای آبیاری با ۷۵ و۵۰ درصد نیاز آبی را نشان داد که بیشترین کارایی مصرف آب از تیمار آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه حاصل شد و کمترین مقدار این صفت از آبیاری معادل نیاز آبی گیاه بدست آمد. مقدار کارایی مصرف آب برای عملکرد بیولوژیک در روش آبیاری یک در میان نسبت به آبیاری تمام جویچه‌ای به طور معنی‌داری ۲۲/٤ درصد افزایش یافت. سپاسخواه و خواجه عبدالهی (۲۰۰۵) افزایش کارایی مصرف آب در روش جویچه‌ای یک در میان را نسبت به روش تمام جویچه‌ای گزارش کردند. مصرف سوپرجاذب باعث افزایش معنی‌دار ۱٤/۵ درصدی کارایی مصرف آب برای عملکرد بیولوژیک گردید. توزیع مناسب‌تر رطوبت در طول دوره رشد گیاه توسط سوپرجاذب موجب بهبود ظرفیت فتوسنتزی گیاه از کاشت تا برداشت شده است (دابهی و همکاران ۲۰۱۳).



شکل ۴- برهمکنش کم‌آبیاری، روش آبیاری و کاربرد پلیمر سوپرجاذب بر کارآیی مصرف آب بر اساس علوفه خشک.

نتیجه گیری کلی

نتایج حاصله نشان داد که شاخص‌های رشد ذرت در سطح آبیاری با ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه به طور معنی‌داری (در سطح ۵ درصد) افزایش می یابد و در شرایط اعمال کم آبیاری، آبیاری با ۷۵ درصد نیاز آبی به جای آبیاری کامل توصیه می‌شود. اعمال آبیاری جویچه‌ای یک در میان و استفاده از سوپرجاذب به همراه آن، در عملکرد علوفه‌تر وخشک و بهره‌وری آب برای تولید علوفه در نیل به نتایج مطلوب و کاهش مصرف آب در طول دوره رشد ذرت موثر بود. بنابراین استفاده از روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان و پلیمر سوپرجاذب، می تواند ضمن افزایش بهره‌وری آب آبیاری، باعث بهبود عملکرد ذرت با هدف برداشت علوفه بیشتر شود. مقدار کارایی مصرف آب برای عملکرد بیولوژیک در روش آبیاری یک در میان (٤/٣١ کیلوگرم در متر مکعب) نسبت به آبیاری تمام جویچه‌ای به طور معنی‌داری به میزان ٢٢/٤ درصد افزایش یافت. روش جویچه‌ای یک در میان و نیز کاربرد سوپرجاذب به ترتیب باعث افزایش ٢٢/٢ و ١٤/٥ درصدی کارایی مصرف آب عملکرد بیولوژیک گردید.

منابع مورد استفاده

Dabhi R, Bhatt N and Pandit B, 2013. Super absorbent polymers- an innovative water saving technique for optimizing crop yield. International Journal of Innovative Research in Science 2(10): 315-321.

Fazeli Rostampoor M, Seghatoleslami MJ and Moosavi SGHR, 2012. Effect of water stress and polymer (Superjazeb A200) on yield and water use efficiency of corn (*Zea mays* L.) in Birjand region. Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences 4(1):11-19. (In Persian with English abstract)

Fazeli Rostampour M and Mohebbian SM, 2012. Studying the effects of irrigation deficit and superabsorbent polymer on remobilization of assimilates in corn (*Zea mays* L.). Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences 4(2):127-138. (In Persian with English abstract)

Jahan M, Kamayestani N and Ranjbar F, 2013. Assay for applying super absorbent polymer in a low input corn (*Zea mays* L.) production system aimed to reduce drought stress under Mashhad conditions. Agroecology 5(3): 272-281. (In Persian with English abstract)

Hassanzadeh A and Farajzadeh Memari Tabrizi E, 2016. Ecophysiological evaluation of three maize (*Zea mays* L.) cultivars under irrigation regimes and use of super absorbent. Journal of Crop Ecophysiology 10(1): 151-166. (In Persian with English abstract)

Heidary A, Choukan R, Tashakori A and Kalantari H, 2011. Effects of different levels of drought stress on yield and yield components of corn hybrids (*Zea mays* L.). Water and Soil 25(6): 1250-1263. (In Persian with English abstract)

Karimi A and Naderi M, 2007. Yield and water use efficiency of forage corn as influenced by superabsorbent polymer application in soils with different textures. Agricultural Research 7(3): 187-198. (In Persian with English abstract)

Kashiani P, Saleh G, Osman M and Habibi D, 2011. Sweet corn yield response to alternate furrow irrigation methods under different planting densities in a semiarid climatic condition. African Journal of Agricultural Research 6(4):1032-1040.

Kirda C, Topcu S, Kaman H, Ulger AC, Yazici A, Cetin M and Derici MR, 2005. Grain yield response and N-fertilizer recovery of maize under deficit irrigation. Field Crops Research 93:132–141.

Krank H and Genkoglan C, 2003. Effects of deficit irrigation on the yield and growth of the succeeding corn crop under Harran Plain conditions. Ziraat- Fakultesi-Dergisi, Ataturk Universities 34(2): 117-123.

Kuhestani Sh, Askari N and Maghsudi K, 2010. Assessment effects of super absorbent hydrogels on corn yield (*Zea mays* L.) under drought stress condition. Iranian Water Research Journal 3(5):71-78. (In Persian with English abstract)

Li C, Sun J, Li F, Zhou X, Li Z, Qiang X and Guo D, 2011. Response of root morphology and distribution in maize to alternate furrow irrigation. Agricultural Water Management 98:1789-1798.

Moazzen Ghamsari B, Akbari G, Zohuriyan A and Nikniyaee MG, 2009. An evaluation of growth and yield of forage corn with application of different levels of super absorbent polymer (SUPERAB A200) and under drought stress. Iranian Journal of Crop Sciences 40(3):1-8. (In Persian with English abstract)

Mojadam M and Modhej A, 2012. Effect of nitrogen levels on water use efficiency, grain yield and yield components of corn under optimum and drought stress conditions. Iranian Journal of Field Crops Research 10(3):546-554. (In Persian with English abstract)

Najafinezhad H, Tahmasebisarvestani Z and Modarres Sanavy SAM, 2015. Effects of two irrigation regimes and application of barley residue, zeolite and superabsorbent polymer on forage yield and some physiological traits of maize and sorghum. Iranian Journal of Field Crop Science 46(2):169-338. (In Persian with English abstract)

Nazarli H, Zardashti MR, Darvishzadeh R and Najafi S, 2010. The effect of water stress and polymer on water use efficiency, yield and several morphological traits on sunflower. Notulae Scientia Biologicae 2(4):53-58.

Rafiee M and Shakarami G, 2010. Water use efficiency of corn as affected by every other furrow irrigation and planting density. World Applied Sciences Journal 11(7):826-829.

Rezaei Sokht Abandani R, Charati Araei A, Akbari Nodehi D, Mobasser H and Ramezani M, 2009. Effects of irrigation interval and nitrogen degree on dry mater yield and water usage efficiency of corn in Mazandaran province. New Finding in Agriculture 3(2):122-136. (In Persian with English abstract)

Sajedi NA and Sajedi A, 2009. Effect of drought stress, mycorrhiza and zinc rates on agro-physiologic characteristics of maize cv. KSC704. Iranian Journal of Crop Sciences 43(11):202-222. (In Persian with English abstract)

Sepaskhah AR and Khajehabdollahi MH, 2005. Alternate furrow irrigation with different irrigation intervals for maize (*Zea mays L.*). Plant Production Science 8(5):592-600.

Sepaskhah AR and Ghasemi M, 2008. Every-other-furrow irrigation with different intervals for sorghum. Pakistan Journal of Biological Sciences 11(9):1234-1239.

Sheikhi M, Sajedi NA and Jiriae M, 2009. Effects of water deficit stress on agrophysiological traits hybrids of maize. New Finding in Agriculture 3(3):275-287. (In Persian with English abstract)

Valifar A, Moafpoorian Gh, Tadayon MS and Ashraf Mansouri Gh, 2013. The effect of deficit irrigation and alternate furrow irrigation method on morphological and physiological characteristics of corn**.** Journal of Plant Ecophysiology 5(14):45-58. (In Persian with English abstract)

Yazar A, Gokcel F and Sezen MS, 2009. Corn yield response to partial root zone drying and deficit irrigation strategies applied with drip system. Plant and Soil Environment 55 (11): 494–503.